

ДИНАМИКА ЛАМИНАРНО-ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕХОДА В ОБОБЩЕННОЙ ЗАДАЧЕ А.Н.КОЛМОГорова ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ НА ТРЕХМЕРНОМ ТОРЕ

Евстигнеев Н.М.

ФИЦ ИУ, ИСА РАН., лаб.11-3 "Хаотические динамические системы", с.н.с, 117312, Москва, проспект 60-летия Октября, 9. 8(495)998-7683, evstigneevnm@yandex.ru

Работа посвящена качественному исследованию ламинарно-турбулентного перехода. Ставится обобщенная начально-краевая задача А.Н. Колмогорова для уравнений Навье-Стокса на трехмерном торе. В предыдущей работе [2] было показано, что для двухмерной задачи усложнение решения происходит через бифуркации Андронова-Хопфа и Шарковского на торах. Вычислительные методы были основаны на методе Галеркина на S-сплайнах, разработанных Д.А.Силаевым [1]. В настоящей работе проводится дальнейшее исследование для трехмерной обобщенной задачи А.Н.Колмогорова. Строится оператор - проектор для учета давления и исследуется система Галеркина, построенная на тригонометрических полиномах, а также на S-сплайнах:

$$A\dot{\mathbf{u}}_t + \mathcal{P}[B(\mathbf{u}, \mathbf{u})] = R^{-1}C\mathbf{u} + \hat{\mathbf{f}}. \quad (1)$$

Здесь: \mathbf{u} - коэффициенты разложения скорости, $\hat{\mathbf{f}}$ - коэффициенты разложения внешней силы, A - матрица массы, B - тензор ранга 3, \mathcal{P} - проектор, C - матрица оператора Лапласа, R - число Рейнольдса. Пусть система Галеркина (1) на тригонометрических полиномах размерности $k : 0 < k \leq \infty$ строится при \mathbf{u}_0 (начальные условия). Для системы (1) справедлива

Теорема

Пусть $\hat{\mathbf{f}} \in Im^3$ и $\mathbf{u}_0 \in Im^3$. Тогда $\forall t > 0: \mathbf{u} \in Im^3$.

Таким образом решение симметрично относительно точки $(0, 0, 0)$ в области расчета. В результате численных исследований систем (1) найдены следующие бифуркации:

$$PF \rightarrow C \rightarrow T_2 \rightarrow T_3 \rightarrow T_3 \times 2 \rightarrow Ch. \quad (2)$$

Где: PF - бифуркация вилки, C - цикл (бифуркация Андронова-Хопфа), T_n - тор (бифуркация Андронова-Хопфа), размерности n ; $\times 2$ - удвоение периода (каскад Фейгенбаума); Ch - хаос. Дальнейшие исследования продолжаются.

Литература.

1. Силаев Д.А., Коротаев Д.О. Решение краевых задач с помощью S-сплайна.// Компьютерные исследования и моделирование, 2009, т. 1, No 2, с. 161-171
2. Евстигнеев Н.М., Магницкий Н.А., Силаев Д.А. Качественный анализ динамики в задаче А.Н. Колмогорова течения вязкой несжимаемой жидкости.//Дифференциальные Уравнения, 2015, том 51, No 10, с. 1302-1314